

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

LOKÁLNÍ VĚTRÁNÍ

LOCAL VENTILATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN BILÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VLADIMÍR KREJČÍ, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Bilík

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Lokální větrání

v anglickém jazyce:

Local Ventilation

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výsledkem práce bude přehled způsobů lokálního větrání se zaměřením na místní odsávání. Důraz bude kladen na možnosti úspory energie ve spojení s použitím těchto systému.

Cíle bakalářské práce:

Seznámit se s možnostmi místního větrání nejen z hlediska principu a použití, ale také z pohledu provozních nákladů.

Seznam odborné literatury:

- [1] Nový R. a kol.: Technika prostředí, České vysoké učení technické, Praha, 2000
[2] Chyský J., Hemzal K. a kol.: Větrání a klimatizace, Bolit B-press, Brno, 1993

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vladimír Krejčí, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.
V Brně, dne 18. 11. 2008

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc. doc.
Ředitel ústavu

RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou lokálního větrání, především variantou lokálního odsávání. Na začátku práce jsou uvedeny důvody, proč je větrání důležité. Jsou zde vyjmenovány i některé požadavky na větrání a to z hlediska technického i legislativního. Dále je proveden rozbor větracích systémů podle několika kritérií. Systémům a způsobům místního větrání je věnována další část této práce. V další části je proveden popis a rozdělení součástí větracích systému. Poslední kapitola se věnuje odsávacím nástavcům a postupům při jejich navrhování. Je zde také provedeno porovnání jejich parametrů, ze kterých vyplývají provozní náklady spojené s užíváním těchto nástavců.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with local ventilation, especially a variant of the local exhausting. At the start of work shall indicate the reasons why it is ventilation very important. There are listed some requirements for ventilation of technical and legislative terms. Ventilation systems are analyzed by several criteria in the next part. The next chapter of this work is devoted to systems and methods of local ventilation. In one chapter is made a description of the distribution parts of the ventilation system. The last chapter deals with designing and using exhaust adapters. There is also made comparison of their parameters, which represent the operating costs associated with using these adapters.

KLÍČOVÁ SLOVA

Větrání, proudění, rychlost, vzdálenost, průtok, teplota, ventilátor, sací nástavec.

KEYWORDS

Ventilation, convection, speed, distance, flow, temperature, ventilator, exhausting adapter

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BILÍK, M. *Lokální větrání*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vladimír Krejčí, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Lokální větrání* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vladimíra Krejčího, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

28. května 2009

.....

Martin Bilík

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval Ing. Vladimíru Krejčímu, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ	4
2.1	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE	4
2.2	LEGISLATIVA A HYGIENICKÉ PŘEDPISY.....	4
2.2.1	TEPLOTA VZDUCHU, OPERATIVNÍ TEPLOTA.....	4
2.2.2	VLHKOST VZDUCHU.....	6
2.2.3	PRŮTOKY VZDUCHU.....	6
3	VĚTRACÍ SYSTÉMY	9
3.1	ROZDĚLENÍ VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ.....	9
3.2	MÍSTNÍ VĚTRÁNÍ.....	10
3.2.1	VZDUCHOVÉ SPRCHY.....	10
3.2.2	VZDUCHOVÉ OÁZY.....	10
3.2.3	VZDUCHOVÉ CLONY.....	11
3.3	MÍSTNÍ ODSÁVÁNÍ.....	12
3.3.1	ODSÁVACÍ ZAŘÍZENÍ.....	12
4	SOUČÁSTI ODSÁVACÍCH ZAŘÍZENÍ.....	15
4.1	VENTILÁTOR.....	15
4.1.1	RADIÁLNÍ VENTILÁTORY.....	15
4.1.2	AXIÁLNÍ VENTILÁTORY.....	16
4.1.3	DIAGONÁLNÍ VENTILÁTORY.....	16
4.1.4	DIAMETRÁLNÍ VENTILÁTORY.....	17
4.2	SACÍ NÁSTAVEC	18
5	SACÍ NÁSTAVCE.....	19
5.1	NAVRHOVÁNÍ NÁSTAVCŮ.....	19
5.2	KRUHOVÝ SACÍ NÁSTAVEC BEZ PŘÍRUBY.....	21
5.3	KRUHOVÝ SACÍ NÁSTAVEC S PŘÍRUBOU	24
5.4	SROVNÁNÍ KRUHOVÝCH NÁSTAVCŮ S PŘÍRUBOU A BEZ.....	27
6	ZÁVĚR.....	29
7	POUŽITÉ VELIČINY.....	30
8	POUŽITÉ ZDROJE.....	31
8.1	LITERATURA	31
8.2	LEGISLATIVA.....	31
8.3	INTERNET	32

1 ÚVOD

Každý z nás, a to nejen lidé, ale živočichové obecně, potřebuje ke svému životu dýchat. Mnoho lidí si ani neuvědomuje, co dýchá a co všechno jim následně jde přes plíce přímo do krve. Tyto, většinou jedovaté látky, nám posléze mohou způsobit nejrůznější „alergie“, či jiné mnohdy i více závažné komplikace. Nejhorší škodlivinou, se kterou se každý z nás dennodenně setkává, je oxid uhličitý, který vzniká při dýchání přeměnou kyslíku. Tento CO_2 v nadbytku, v míře již označované jako limitní, ze zdravotního hlediska způsobuje malátnost, ospalost až bolesti hlavy. Metodou jak jeho koncentrace, v našem nejbližším okolí nebo pracovním prostředí, účinně snižovat je právě větrání.

Dalším důvodem proč je větrání velmi důležité, je odvádění či pouhé snižování koncentrací škodlivých látek, které se do vzduchu dostávají například z nátěrových hmot, nejrůznějších chemických prostředků, umělých hmot apod. Jako typická ukázka průmyslové činnosti, při které vznikají zdraví velmi škodlivé látky, je například svařování, při kterém jsou škodliviny mnohdy velmi dobře viditelné, anebo také, každému dobře známé činnosti z běžného života jako spalování paliva v motorech či kouření. Škodlivinou může za jistých podmínek být i nadměrná vlhkost, která v průmyslovém prostředí většinou znamená korozi výrobků či strojů a v běžném životě se s ní pak každodenně setkáváme v koupelnách a kuchyních, kde může vlhkost způsobovat například vznik plísní. Za škodlivinu můžeme v některých případech také označit teplo, které vzniká při nejrůznějších průmyslových procesech, či běžných činnostech. Příkladem situace, kdy je teplo škodlivé, může být obyčejný počítač, který musí být vybaven ventilátorem či jiných chladicím zařízením, aby nedošlo k přehřátí jeho součástí a tím i jeho, mnohdy nenávratnému, poškození.

Větrání je tedy velmi důležitou součástí našeho běžného i profesního života. Musí být však prováděno správně, například při odsávání musíme zajistit nejen odvod, ale také přívod vzduchu do větrané oblasti, aby nenastala situace, kdy ventilátor sice běží na plné obrátky, spotřebovává velké množství energie, ale bohužel k požadovanému větrání, kvůli chybám v návrhu, nedochází.

2 POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ

Malé provozovny představují nejen v České Republice poměrně rozšířenou variantu živnosti. Prostory takovýchto provozoven bývají rozděleny do několika málo místností včetně hygienického zázemí. Již v době návrhu stavebního řešení se však musí provozovatelé a také projektanti vypořádat s problémem větrání, či klimatizace těchto prostorů. Přísné hygienické předpisy, dané českou legislativou, však v mnoha případech nebývají nakonec bohužel dodrženy, nebo se po čase projeví špatné zkušenosti s užíváním vzduchotechniky vzhledem k nevhodnému návrhu. [1]

2.1 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

Před každou instalací větracího nebo klimatizačního zařízení by měl být zpracován projekt vzduchotechniky. Zpracování projektu je jednoznačně doporučováno i v případech, ve kterých není legislativou vyžadováno. Instalace klimatizace bez předchozího projektu může být rizikem, stejně jako samotný výběr vhodného zařízení, které není podloženo projektem, může být velmi obtížný.

Především malé a zdánlivě velmi jednoduché zakázky jako jsou malé větrací systémy (např. odsávací ventilátory), nebo instalace chlazení (split systém) se často bohužel realizují bez projektové dokumentace. Tato skutečnost však také v řadě případů vede k nejruznějším následným provozním problémům jako hluk, průvan, předimenzování systému atd., ke kterým by při odborném navrhování nedocházelo. [1]

2.2 LEGISLATIVA A HYGIENICKÉ PŘEDPISY

2.2.1 TEPLOTA VZDUCHU, OPERATIVNÍ TEPLOTA

Legislativa ČR [2] formuluje ve svých hygienických předpisech jako hodnotící kritérium pro tepelnou pohodu v prostoru operativní teplotu t_o , která respektuje kromě teploty vzduchu t_a i teploty povrch stěn, respektive střední radiační teplotu t_r a rychlost proudění vzduchu (při $w \leq 0,2$ m/s je vliv rychlosti zanedbatelný).

Požadavky na optimální operativní teplotu t_o v pracovním prostředí jsou uvedeny v Nařízení vlády [3] ve znění č.523/2002 Sb. Předpokládanou činnost zaměstnanců v prostoru provozovny je možné zařadit do konkrétní třídy práce (523/2002 Sb. Část A, Tabulka č. 1), která pak odpovídá přípustným hodnotám mikroklimatických podmínek během roku (Část A, Tabulka č. 2), shrnutých v tabulce 1. Pro další veřejné objekty jsou požadavky uvedeny ve vyhláškách ministerstev [4], [5], [6].

Tabulka 1 - Příпустné hodnoty mikroklimatických podmínek podle [8]

Třída práce	Činnost	Operativní teplota [°C]			Rychlost proudění w [m/s]	Relativní vlhkost ϕ [%]
		t_{omin}	t_o	t_{omax}		
I	Práce vsedě s minimální pohybovou aktivitou, nebo s lehkou manuální prací (administrativní práce)	10	22 ± 2	28	0,1 - 0,2	30 - 70
IIa	Práce vstoje spojená s pomalou chůzí. Přenášení lehkých břemen, překonávání malých odporů.	18	20 ± 2	27	0,1 - 0,2	
IIb	Práce vsedě a vstoje s trvalým zapojením obou paží a nohou (potravinářská výroba atp.)	14	16 ± 2	26	0,2 - 0,3	
IIIa	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin v předklonu, nebo v kleče (údržba strojů, atp.).	10	12 ± 2	26	0,2 - 0,3	
IIIb	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze (práce ve stavebnictví, atp.).	10	12 ± 2	26	0,2 - 0,3	

Bohužel prakticky není možné dimenzovat klimatizační zařízení na základě teploty operativní, ale většinou se vychází z požadované teploty vnitřního vzduchu v místnosti t_a . To znamená, že při dimenzování systému neurčujeme teplotu povrchu okolních stěn a rozdíl mezi t_o a t_a se pouze odhaduje. Tento postup je však přípustný pouze v případech, kdy neočekáváme výraznější rozdíly mezi teplotami. Podle provedených studií [7] zkoumající vliv okolních, zejména pak venkovních stěn na operativní teplotu, je možné teplotu vzduchu pro dané roční období následovně odhadnout [8]. V zimním období je, velmi přibližně, možné odhadnout, že pro dosažení požadované operativní teploty t_o je nutné při návrhu klimatizace uvažovat teplotou vzduchu $t_a = t_o + 1(2)$ K, za předpokladu, že v prostoru nejsou velké prosklené fasádní plochy. Naopak v letním období bude teplota vzduchu $t_a = t_o - 1(2)$ K, tentokrát však za předpokladu, že jsou okna stíněna proti přímé sluneční radiaci.

V literatuře [6] se pro navrhování komfortní klimatizace zpravidla doporučuje, aby teplota vnitřního vzduchu t_a byla v zimním období v rozmezí 22 až 24 °C a v letním období 24 až 26 °C. Požadavky na teplotu vzduchu u technologických klimatizačních zařízení jsou obecně v daleko širším rozmezí, převážně se však velmi neoddalují od požadavků komfortních. Dalším určujícím hlediskem je ochrana zdraví osob pohybujících se v letním období ve venkovním i vnitřním prostředí. Podle tohoto hlediska není přípustné, aby rozdíl mezi teplotou venkovního vzduchu a teplotou vnitřního vzduchu, v klimatizovaném prostředí, překročil 6 K. Tedy například při teplotě venkovního vzduchu 32 °C, by teplota vnitřního vzduchu neměla být nižší než 26 °C. [1]

Dlouhodobě a krátkodobě únosné hodnoty pracovní tepelné zátěže

Výše uvedený hygienický předpis ale také připouští překročení přípustných hodnot mikroklimatických podmínek na pracovištích v důsledku tepelné zátěže z technologických zdrojů. Doba výkonu práce na takovémto pracovišti, však musí být upravena tak, aby nebyly překračovány dlouhodobě a krátkodobě únosné pracovní tepelné zátěže (523/2002 Sb. Část B, Tabulka 4a, 5a). Uvedené překročení přípustných hodnot lze uplatnit např. pro kuchyně. Pro třídu práce IIa (např. vaření) a maximální výslednou (operativní) teplotu 34 °C je dlouhodobě a krátkodobě únosná doba práce pro aklimatizované muže i ženy 480 minut (8 hodinová pracovní směna). Toto platí pro podmínky kdy rychlost proudění $w = 0,1$ až 1 m/s, relativní vlhkost vzduchu $\phi < 70$ % a tepelný odpor oděvu $I = 0,64$ clo.

2.2.2 VLHKOST VZDUCHU

Relativní vlhkost vnitřního vzduchu je další z hygienicky požadovaných parametrů [2] a to jak v zimním, tak i v letním období (viz tabulka 1). Za optimální se pro komfortní prostory považuje hodnota relativní vlhkosti 50 % a nižší, minimálně však 30 %. Ve většině případů je proto nutné vzduch v zimě vlhčit, především při nízkých teplotách, tak aby nedošlo k poklesu vlhkosti vzduchu v prostoru pod minimální hodnotu 30 %. U technologických zařízení je však možné, aby požadavky na relativní vlhkost vzduchu dosahovaly a překračovaly krajní meze. Například v prostorech, kde je potřeba zabránit vzniku statické elektřiny, je minimální požadovaná vlhkost 40%. Naopak u technologií s vývinem vlhkosti a na pracovištích, kde jsou otevřené vodní plochy, je třeba vlhkost odvádět. Relativní vlhkost ve vnitřním prostředí takovýchto pracovišť by neměla překročit 70 %. Vysoká vlhkost způsobuje jak zhoršení tepelné pohody v letním období, tak riziko kondenzace na stěnách a vzniku plísní především v zimě. [1]

2.2.3 PRŮTOKY VZDUCHU

Prívod čerstvého venkovního vzduchu je nutný nejen u komfortních klimatizačních zařízení pro osoby, ale také u technologických zařízení s vývinem škodlivin, případně v prostorech, kde se místním odsáváním odvádí odpadní vzduch do venkovní atmosféry.

Průtok čerstvého vzduchu pro osoby

Při navrhování komfortních větracích a klimatizačních zařízení pro osoby se průtoky čerstvého venkovního vzduchu stanovují podle předepsané dávky vzduchu na jednu osobu. Tyto dávky vzduchu jsou určeny na základě platných hygienických předpisů [8] následovně:

- 50 m³/h na osobu pro práci převážně vsedě
- 70 m³/h na osobu pro práci převážně vstoje a chůzi
- 90 m³/h na osobu při těžké fyzické práci
- 100 m³/h na osobu při práci a pobytu v prostoru, který je určen pro tanec
- 150 m³/h na osobu při práci a pobytu v prostoru, který je určen pro diskotéku

Hygienický předpis [2] ve znění č.523/2002 Sb. dále uvádí: "*V místnostech, kde je povoleno kouření, se zvyšuje množství přiváděného vzduchu o 10 m³/h na osobu. Celkové množství větracího vzduchu se určuje podle nejvyššího počtu osob současně užívajících prostor.*" a dále "*Pro pracovní prostory s přístupem veřejnosti (např. obchody) se zvyšuje množství přiváděného vzduchu úměrně předpokládané zátěži 0,2 - 0,3 osoby/m² podlahové plochy.*" Existuje však výjimka, a to za extrémních venkovních klimatických podmínek. Jako extrémní jsou považovány podmínky, kdy jsou teploty venkovního vzduchu nižší než 0 °C a vyšší než 26 °C. Za takovýchto podmínek je možné snížení hygienického množství vzduchu až na polovinu.

Průtok vzduchu pro technologické procesy

Požadavek na množství čerstvého vzduchu může být v některých případech dán konkrétní technologickou operací. V rámci malých provozoven je možné se setkat s celou řadou dílen s činnostmi, při kterých vznikají škodlivé látky (lakovny, svařovny). Je-li k dispozici údaj o produkci škodlivin, je možné stanovit průtok čerstvého vzduchu na základě přípustného expozičního limitu (PEL vyjadřuje průměrnou hodnotu koncentrace škodliviny za pracovní směnu), nebo nejvyšší přípustné koncentrace (NPK vyjadřuje maximum z těchto hodnot) dané látky v prostoru. Doporučuje se však vždy instalovat samostatné odsávací zařízení a minimalizovat tok škodlivin do prostoru. Přípustné expoziční limity PEL a nejvyšší přípustné koncentrace NPK pro vybrané látky jsou uvedeny v tabulce 2 [2].

Tabulka 2 - Hygienické limity některých látek v ovzduší pracovišť

Látka	PEL mg/m ³	NPK mg/m ³
Aceton	800	1500
Amoniak	14	36
Benzíny	400	1000
Ethanol	1000	3000
Formaldehyd	0,5	1
Chlor	1,5	3
Měď (dýmy)	0,1	0,2
Nikotin	0,5	2,5
Olovo	0,05	0,2
Rtuť	0,05	0,15
Toluen	200	500

Průtok vzduchu pro hygienické zázemí

Podle hygienických předpisů je možné stanovit i minimální množství odváděného vzduchu z prostorů se vznikem škodlivin. Jedná se především o hygienické zázemí provozoven, tedy prostory, ve kterých se nachází sanitární zařízení. V tabulce 3 jsou uvedeny minimální průtoky vzduchu pro jednotlivá sanitární zařízení. Uvedená množství většinou postačují pro kolaudaci zařízení. V praxi je však doporučováno dvojnásobné až trojnásobné zvýšení minimálního průtoku. [1]

Tabulka 3 - Minimální průtoky vzduchu pro hygienická zázemí

Prostor	Průtok vzduchu
Šatny	20 m ³ /h na 1 šatní místo
Umývárny	30 m ³ /h na 1 umyvadlo
Sprchy	150-200 m ³ /h na 1 sprchu
WC	50 m ³ /h na 1 mísu
	25 m ³ /h na 1 pisoár

3 VĚTRACÍ SYSTÉMY

Větráním rozumíme činnost, při které pomocí výměny vzduchu zajišťujeme ve vnitřních prostorech pracovních, obytných nebo společenských příznivé klima a čisté ovzduší. Principem větrání je odvod vzduchu znečištěného škodlivinami- výpary, plyny, prach, z uzavřených prostor a přívod čistého vzduchu z okolí. Za škodlivinu však lze v některých případech považovat i teplo. Větrací systémy můžeme rozdělit do několika skupin podle různých hledisek [9].

3.1 ROZDĚLENÍ VĚTRACÍCH SYSTÉMŮ

Z hlediska **průběhu větrání** členíme na:

- *Větrání přirozené* – dochází k němu díky vzniku tlakového rozdílu díky rozdílným hustotám vzduchu uvnitř a vně větraného prostoru nebo účinkem větru,
- *Větrání nucené* – musíme užít zařízení- ventilátor. Ventilátory můžeme použít jen pro přívod, nebo jen pro odvod, případně pro přívod i odvod vzduchu z větraného prostoru. Poměr přivedeného a odvedeného vzduchu označujeme součinitelem větrací rovnováhy.

Z hlediska **větrací rovnováhy** dělíme dále na:

- (a) *Rovnotlaké větrání*: žádný rozdíl tlaků uvnitř a vně prostoru, používáme v případech, kdy nemá docházet k proudění mezi prostředím a větraným prostorem.
- (b) *Přetlakové větrání*: ve větraném prostoru je vyšší tlak než v okolí, používáme v případech, kdy je nutno zabránit vnikání vzduchu z okolních místností a prostorů
- (c) *Podtlakové větrání*: ve větraném prostoru ne nižší tlak než v okolí, používá se v případech, kdy je nutné zamezit šíření vzduchu a jeho mísení do okolních prostor.

Z hlediska **časového** můžeme větrání dělit na:

- *Větrání občasné* - k výměně vzduchu dochází v opakujících se časových intervalech,
- *Větrání stálé* - výměna vzduchu probíhá spojitě.

Z **prostorového** hlediska lze větrání rozdělit na:

- *Celkové* - navrhujeme jej v případech kdy jsou zdroje škodlivin rovnoměrně rozmístěny v prostoru, nebo předem nejsou známa přesná místa vzniku škodlivin,
- *Místní* - je navrhováno v případech, kdy předem známe místa větších zdrojů škodlivin. Tento případ ještě můžeme rozdělit na:
 - (a) **místní větrání** - přivádíme do požadovaného místa čerstvý vzduch,
 - (b) **místní odsávání** - pomocí odsávacího zařízení odsáváme z místa znečištěný vzduch.

3.2 MÍSTNÍ VĚTRÁNÍ

Zajišťuje výměnu vzduchu v omezeném místě vnitřního prostoru. Pod místní větrání spadají vzduchové sprchy, vzduchové oázy a vzduchové clony [10].

3.2.1 VZDUCHOVÉ SPRCHY

Jsou používány, jako velmi účinné zařízení v horkých provozech, kde zajišťují především ochranu proti sálavému teplu. Pro ochranu před sálavým teplem je důležité, aby teplo přenášené pokožce bylo co možná nejmenší. Toho můžeme dosáhnout pomocí: snížení poměrné pohltivosti oděvu, zvětšením tepelného odporu oděvu, zvýšením součinitele přestupu tepla z povrchu oděvu- právě na tuto variantu jsou zaměřeny vzduchové clony. Zvětšení rychlosti proudění s sebou nese i zvýšení součinitele přestupu tepla na povrchu osálaného oděvu. Tím se zvyšuje tepelný tok přenášený z povrchu oděvu do okolí pomocí konvekce a snižuje se tepelný tok prostupující oděvem k tělu.

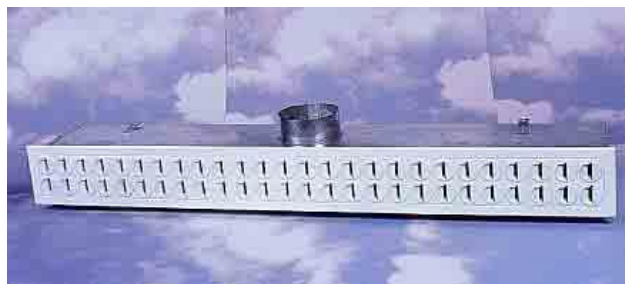


Tato vzduchová sprcha je určena pro běžný vstup a výstup z čistých prostorů a zajišťuje účinné očištění vstupujících osob od kontaminace prachovými částicemi.

Obr. 1- Vzduchové sprchy v provedení firmy Epigon[11].

3.2.2 VZDUCHOVÉ OÁZY

Pod pojmem vzduchová oáza rozumíme buď místní přívod vzduchu na pracoviště, nebo na místa se sníženou koncentrací škodlivin sloužící k odpočinku v provozech. Pro vytvoření vzduchových oáz jsou používány zástěny. Vzduch je do takovýchto oáz přiváděn pomocí velkých perforovaných vyústek umístěných na bocích, nebo přímo nad místem pobytu pracovníků. Rychlost proudění ve vzduchové oáze bývá nižší, než rychlost u vzduchové sprchy, obvykle tato rychlost nepřesáhne $0,5 \text{ m.s}^{-1}$. Oázy jsou používány taktéž na pracovištích se zdroji tepla.



Obr. 2- Vzduchová vyústka s komorou od firmy Proclima[12]

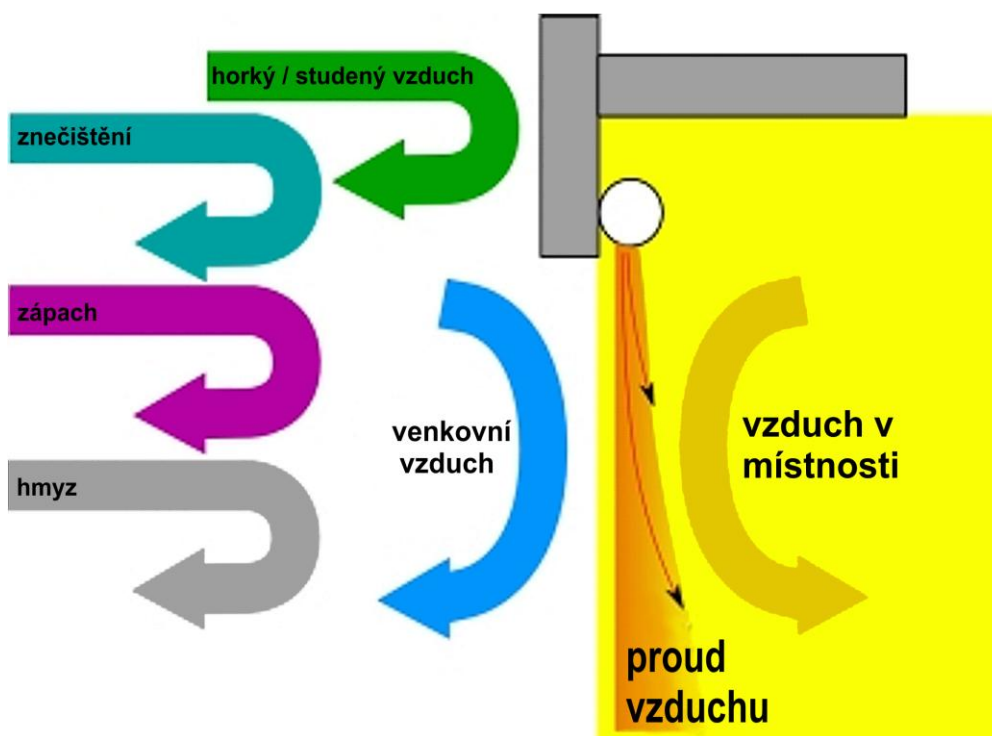
3.2.3 VZDUCHOVÉ CLONY

Nejčastěji jsou používány v prostorech, které jsou vytápěny nebo klimatizovány, protože spojovací otvory s venkovním prostorem- vrata nebo dveře, zůstávají mnohdy delší dobu otevřeny, což je nežádoucí. V zimě to znamená velké tepelné ztráty a proudění studeného vzduchu při podlaze do prostoru, v létě pak dochází k narušování obrazu proudění. Vzduchové clony jsou velmi účinným, avšak provozně poměrně nákladným způsobem, jak zabránit průtoku venkovního vzduchu spojovacími otvory. Clona je plochý proud vyfukovaný ze štěrbině proti vzduchu pronikajícímu spojovacím otvorem.



Obr. 3- Horní vzduchové clony firmy Remak [13]

Clony dělíme podle umístění štěrbině na: horní, spodní, boční jednostranné nebo oboustranné. Největšího ovlivnění je možno dosáhnout při sklonu štěrbině 55° vůči spojovacímu otvoru [10].



Obr. 4- Princip funkce vzduchové clony[14]

3.3 MÍSTNÍ ODSÁVÁNÍ

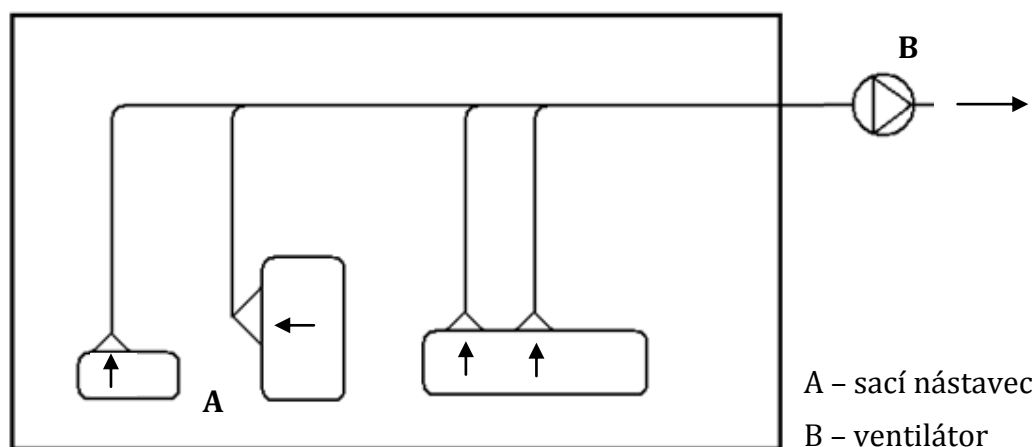
Podstatou je zachycení škodlivin přímo v místě jejich vzniku, nebo co nejbližší tomuto místu, a jejich následné odvedení z požadovaného prostoru. Provedení odsávání stejného zdroje škodlivin metodou místního odsávání je vždy hospodárnější než varianta odsávání celkového. Toto je možné díky možnosti daleko vyšších koncentrací a škodlivin než je tomu u větrání celkového, kde koncentrace škodlivin nesmí překročit hygienické limity stanovené legislativou. Vyšší koncentrace pro místní odsávání jsou připouštěny kvůli tomu, že vzduch, který odvádíme, se nedostane do kontaktu s člověkem a neměl by mu tudíž způsobit žádné problémy.

3.3.1 ODSÁVACÍ ZAŘÍZENÍ

Podle provedení můžeme odsávací zařízení rozdělit: ústřední, skupinové, dělené a jednotkové. Pokud koncentrace škodlivin ve vzduchu, který je odváděn či vyfukován přímo do venkovního prostředí, dojde k překročení povolených koncentrací, je nutno takový vzduch odvést k odlučovacím zařízením. U odsávacích zařízení vybavených odlučovačem je možné vzduch buď odvádět do venkovního ovzduší anebo jej zpětně použít jako oběhový vzduch. [10]

Ústřední zařízení

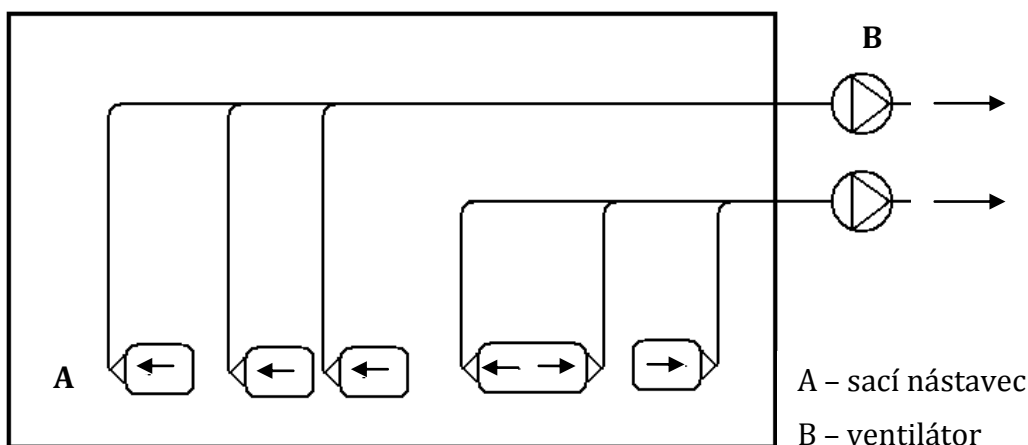
Odsávání je provedeno pomocí společného ventilátoru, který je napojen na potrubní síť která umožňuje současné odsávání škodlivin z několika různých zdrojů. Ventilátor bývá v těchto zařízeních umístěn mimo pracovní prostory, většinou z důvodu dodržení hygienických předpisů kvůli jeho hlučnosti. Využití těchto zařízení je typické pro odsávání od brusek, dopravníků sypkých materiálů a dřevoobráběcích strojů. Schéma takového zařízení je uvedeno na následujícím obrázku. [10]



Obr. 5- Ústřední zařízení [10]

Skupinové zařízení

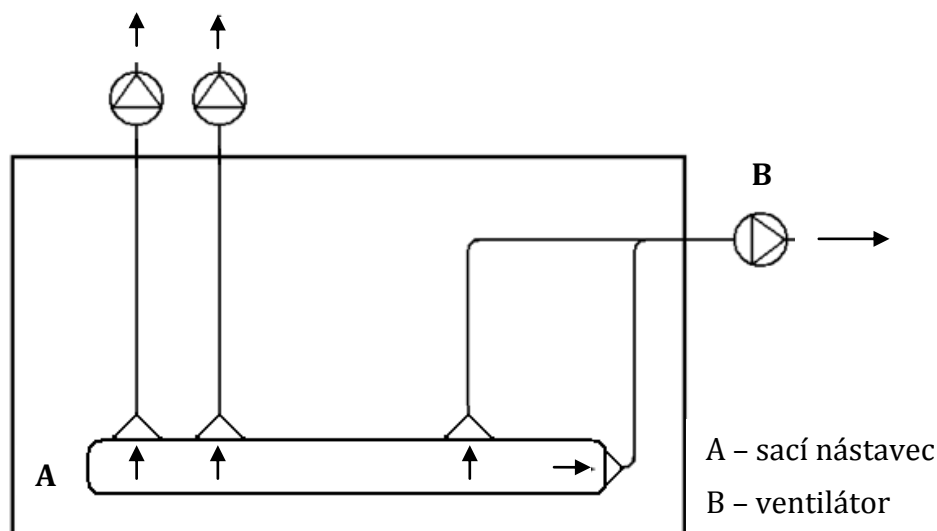
Při této variantě je odsávání provedeno pomocí několika různých potrubí a ventilátorů. Použití tohoto typu je zejména v oblasti technologických procesů, při nichž u strojů vznikají nejrozumnější chemické látky. Smíšením těchto látek by mohlo dojít ke vzniku látek hořlavých či výbušných. Proto jsou tyto škodliviny odsávány jednotlivě. Využití těchto systémů je například v chemickém průmyslu. Schéma zařízení je patrné z následujícího obrázku. [10]



Obr. 6- Skupinové zařízení [10]

Dělený systém

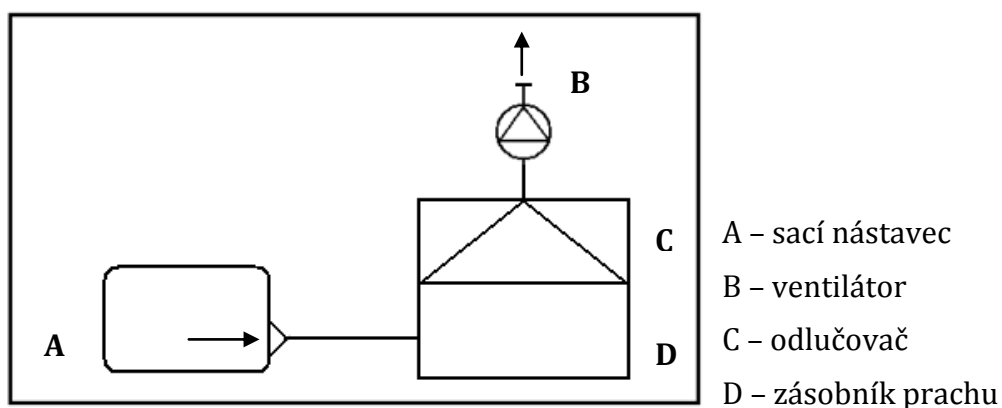
Odsávání je opět prováděno několika ventilátory se sacími nástavci, tentokrát jsou však všechny připojeny na společnou technologickou linku. Použití těchto systémů je typické pro rozměrné technologické linky, nebo pro technologie kdy vznikají chemicky totožné škodliviny o různých intenzitách a na několika různých místech. Schéma systému je zakresleno na následujícím obrázku. [10]



Obr. 7- Dělené zařízení [10]

Jednotkové zařízení

Jejich využití je zejména v oblasti odsávání zdrojů prашných nečistot. Zařízení bývají umísťována poblíž pracovních strojů a pracovišť. Toto zařízení bývá tvořeno ventilátorem, odlučovačem prachu, a zásobníkem prachu. Výhodou takových systému je návrat vyčištěného vzduchu zpět do místnosti, čímž odpadají tepelné ztráty způsobené odsáváním vzduchu. Tato skutečnost je zároveň i nevýhodou, při vracení vzduchu, se totiž vrací i velmi jemné prachové částice, proto není dovoleno používat takové zařízení pro jedovaté prachy a prachy obsahující volný oxid křemičitý. Odsávací potrubí u těchto potrubí bývá minimální-součástí systému, nebo vůbec žádné. Tím pádem je možné takové odsávací zařízení libovolně přesunovat bez nutnosti rekonstrukce odsávacího potrubí. [10]



Obr. 8 - Jednotkové zařízení [10]

4 SOUČÁSTI ODSÁVACÍCH ZAŘÍZENÍ

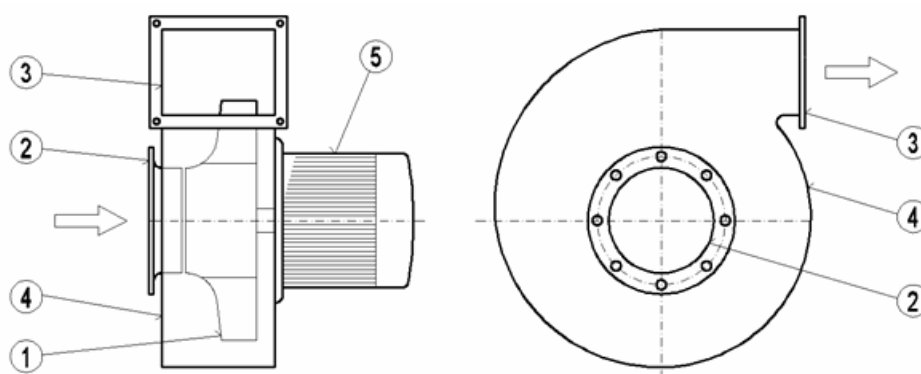
Obecně lze říci, že odsávací zařízení se skládá ze tří základních součástí: ventilátor, sací potrubí a sací nástavec.

4.1 VENTILÁTOR

Je součástí prakticky každého větracího či klimatizačního systému. Je to rotační lopatkový stroj, který slouží nejčastěji k dopravě vzduchu. Obecně je možné jej použít na plyny či spaliny, tím je zajištěno široké použití nejen v zařízeních techniky prostředí. Hlavními parametry ventilátorů jsou celkový dopravní tlak, objemové množství vzduchu a příkon. Podle směru proudění vzduchu je možné ventilátory rozdělit na: radiální, axiální, diagonální a diametrální. Dalším kritériem pro dělení je způsob použití ventilátorů, například: průmyslové, bytové, nástřešní, pro odvod tepla a kouře, potrubní, kyselinovzdorné atd.

4.1.1 RADIÁLNÍ VENTILÁTORY

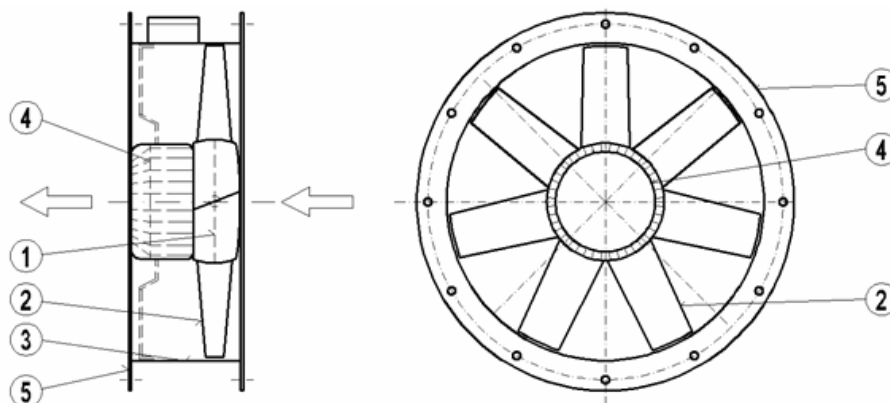
Hlavními součástmi radiálního ventilátoru (obr 9) jsou oběžné kolo (1), sací hrdlo (2), výtlačné hrdlo (3), spirální skříň (4) a elektromotor (5). Součástí oběžného kola jsou lopatkové kanály, které při otáčení zajišťují nasávání vzduchu v axiálním směru a výtlač ve směru kolmém na osu rotace (odtud radiální). Podle tvaru těchto lopatek je možné rozdělit na radiální ventilátory s lopatkami: zahnutými dopředu- nejvíce používaný typ ventilátoru ve vzduchotechnice s účinností přibližně 0,6, zahnutými dozadu- mají většinou nižší počet lopatek a vyšší účinnost než předchozí typ, a radiálně zakončenými. Úkolem spirální skříně je, přeměna kinetické energie na energii tlakovou. [15]



Obr. 9 - Schéma radiálního ventilátoru [15]

4.1.2 AXIÁLNÍ VENTILÁTORY

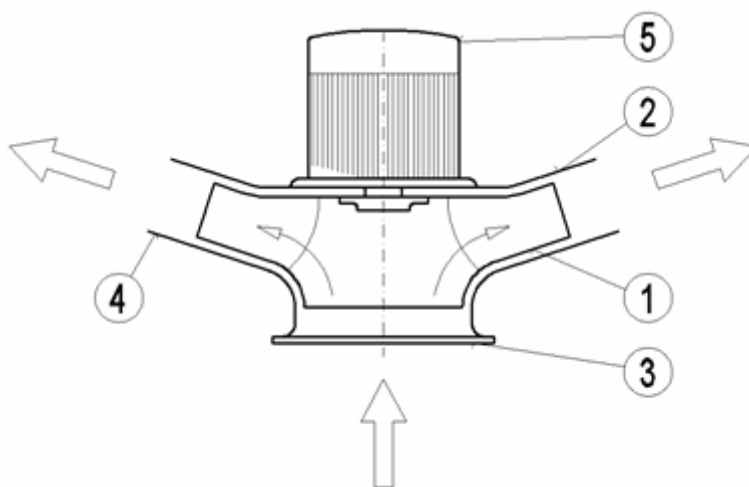
Axiální ventilátory jsou používány zejména v případech, kdy je nutné docílit velkých průtoků vzduchu bez požadavků na vysoký dopravní tlak. Vzduch proudí u těchto ventilátorů ve směru osy otáčení oběžného kola. Axiální ventilátory můžeme dělit na rovnotlaké a přetlakové, podle tlaků před oběžným kolem. Celková účinnost těchto ventilátorů se pohybuje kolem hodnoty 0,85. Základní schéma je znázorněno na obr 10. Ventilátor se skládá zpravidla z rotoru (1) s oběžnými lopatkami (2), pláště (3), elektromotoru (4). Potrubní axiální ventilátory bývají opatřeny přírubami (5). [15]



Obr. 10 - Schéma axiálního ventilátoru [15]

4.1.3 DIAGONÁLNÍ VENTILÁTORY

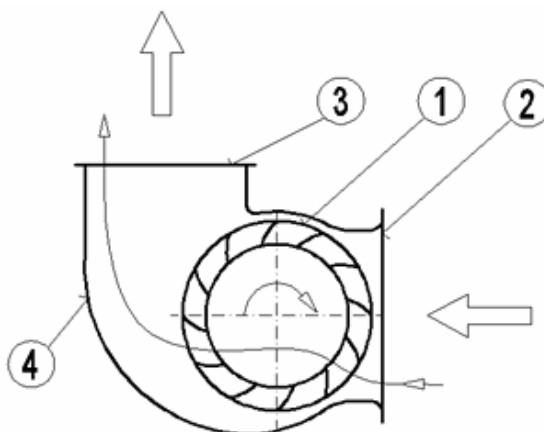
Tvar oběžného kola diagonálního ventilátoru připomíná svou konstrukcí spíše radiální ventilátor. Jedná se však o přechod mezi axiálním a radiálním ventilátorem. Vzduch proudí do ventilátoru sice v axiálním směru, tedy ve směru osy rotace oběžného kola, ale výtlak z ventilátoru je pod úhlem menším než 90°. Schéma tohoto typu ventilátoru je na obr. 11, kde jsou vyznačeny hlavní součásti: oběžné kolo (1), skříň ventilátoru (2), sací hrdlo (3), výtláčné hrdlo (4) a elektromotor (5). [15]



Obr. 11 - Schéma diagonálního ventilátoru [15]

4.1.4 DIAMETRÁLNÍ VENTILÁTORY

Tyto ventilátory jsou používány tam, kde je nutné nasávat vzduch v širokém podélném rozměru. Celková účinnost tohoto typu ventilátoru bývá 0,45 až 0,55. Vzduch prochází příčně oběžným kolem a opět vystupuje na vnějším obvodu, odkud je dále vyfukován do výtlačného hrdla (3). Po obvodě oběžného kola jsou rozmístěny dopředu zahnuté lopatky. Šířka oběžného kola bývá stejná, nebo až pětkrát větší než průměr vnějšího oběžného kola. Schéma diametrálního ventilátoru je naznačeno na obr. 12. Ventilátor nasává vzduch na vnějším obvodu oběžného kola (1) v sacím hrdle (2). [15]



Obr. 12 - Schéma diametrálního ventilátoru [15]

4.2 SACÍ NÁSTAVEC

Sací nástavec je velmi důležitou součástí odsávacího zařízení. Nástavec, nebo zákryt sloužící k zachycení škodlivin, má vždy tvořit se strojem či technologickým zařízením jeden celek.

Hlavní typy nástavců:

- Odsávací skříně, chemické digestoře, kabiny pro stříkání nátěrových hmot, tryskání odlitků
- Odsávací zákryty – střešovité- nad zdroji tepla, tvarově přizpůsobené strojům- brusky, pásové dopravníky pro sypké hmoty atd.



Obr. 13 - Kabina pro stříkání práškových nátěrových hmot s vlastním odsáváním. [16]



Obr. 14- Odsávací zákryty čtyřstranné frézky firmy RWT. [17]

- Boční odsávací štěrby- nejčastěji jsou používány v technologiích pro povrchové úpravy, pro čištění průmyslových van, galvanické pokovování.
- Odsávací podlahové rošty- například pro stříkání nátěrových hmot
- Jednoduché sací nástavce- vyústění vzduchovodů nejrůznějších tvarů, jsou používány ve spojení s pružnými hadicemi pro odsávání škodlivin na proměnných místech, například při svařování. [10]



Obr. 15 – Odsávací zařízení pro měření emisí výfukových plynů s nástavcem. [18]



Obr. 16- Mobilní odsávací zařízení s nástavcem a filtrační jednotkou. [19]

5 SACÍ NÁSTAVCE

5.1 NAVRHOVÁNÍ NÁSTAVCŮ

Při navrhování sacích nástavců, zejména jejich umístění v prostoru a rozhodování jaký typ nástavce bude použit, musí být dodržována základní pravidla:

- Nástavec musí zaručovat bezpečnost při práci.
- Nástavec by měl být umístěn co nejbližší zdroji škodlivin, je možné, aby tento zdroj úplně uzavíral.
- Umístění nástavce musí být takové, aby částice nežádoucích škodlivin směřovaly do otvoru.
- Konstrukční řešení musí být provedeno tak, aby pracovníkům nástavec, případně celé zařízení, nepřekážel v práci. Zároveň však musí být zabezpečeno, že se pracovníci nedostanou do prostoru mezi zdroj škodlivin a sací nástavec.

Výpočet sacího nástavce vychází z teorie potencionálního proudění, konkrétně z případu nazývaného propad. Ekvipotenciální plochy kolmé na proudnici, tj. plochy se stejnou rychlostí, jsou kulové. Rychlost w_r na této ploše ve vzdálenosti r odmísí propadu se počítá ze vztahu: $w_r = \frac{\dot{V}}{4\pi r^2}$, kde \dot{V} je objemový tok nasávaný propadem.

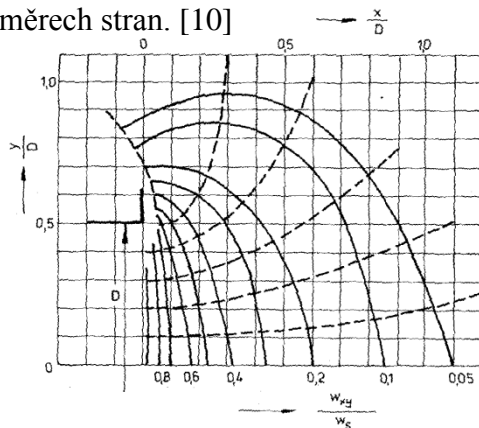
Pro nasávání velmi dlouhou štěrbinou, o šířce blízké se nule, jde o rovinné proudění označované jako rovinný propad. V tomto případě mají ekvipotenciální plochy tvar válce. Radiální rychlost w_r ve vzdálenosti r od rovinného přepadu je možné spočítat ze vztahu: $w_r = \frac{\dot{V}}{2\pi r}$, kde \dot{V} je objemový tok nasávaný štěrbinou o délce 1 metr.

Po dosazení různých hodnot je možné získat z těchto vztahů teoretické rychlostní pole sacích nástavců, které se od reálného rychlostního pole liší zejména v oblasti blízké otvoru. V praxi jsou proto používány tzv. izotachy – křivky spojující místa stejných rychlostí. Izotachy se stanovují experimentálně a jsou zobrazovány v bezrozměrných parametrech: w_{xy} / w_s , kde w_s je střední rychlost v otvoru,

x / D a y / D , kde D je průměr kruhového sacího otvoru,

x / b a y / b , kde b je šířka štěrbiny.

Takovéto proudové charakteristiky jsou zpracovány pro nástavce kruhové, štěrbinové i obdélníkové o různých poměrech stran. [10]



Obr 17. Rychlostní pole kruhového nástavce [10]

Při dimenzování odsávacích zařízení je nutné znát požadovanou rychlost proudění pro dané podmínky. V následující tabulce je uvedeno několik technologických operací spolu s požadavky na rychlost proudění v určitých místech.

Tabulka 4 - Odsávací rychlosti w pro technologické operace [20]

Technologie	w (m/s)	Místo, k němuž se rychlost vztahuje
Digestoře nejedovaté plyny běžné práce v průmyslových laboratořích jedovaté a agresivní látky	0,3 0,4 až 0,5 0,6 až 0,75	v nasávacím otvoru, při výšce otevření okna 0,5 m
korečkové elevátory	1,0	otvor v zákrytu
přesypy dopravních pásů	0,75 až 1,0	otvor v zákrytu
opracování kamene ruční nástroje strojní opracování	1,0 7,5	u zdroje u zdroje
kyvadlové brusky, kabinové odsávání	1,0 až 1,2	vstupní průřez kabiny
vytřásání odlitků boční odsávání chladný písek horký písek spodní odsávání	0,3 až 0,4 0,4 až 0,5 1,25 až 2,0	u zdroje u zdroje vztaženo na plochu roštu
zásobníky	0,75 až 1,0	volný otvor
tryskáci komory	2,5	otvor v komoře
pájení	0,4 až 0,5	u zdroje
svařování elektrickým obloukem	0,5 až 1,0	u zdroje
stříkání barev	0,5 až 1,0	vstupní průřez kabiny
stříkání kovů inertních toxických	0,5 až 0,75 1,0	u zdroje u zdroje

Pro navržení správného systému a posouzení jeho energetické náročnosti, však musíme znát požadovanou rychlost proudění v nástavci V_{av} . Pro výpočet této rychlosti byly experimentálně stanoveny výpočtové vztahy, které jsou vždy platné pro dané rozmezí hodnot poměru průměru nástavce a vzdálenosti zdroje škodlivin. Při navrhování odsávacích nástavců s obrubou existují také experimentálně zjištěné výpočtové vztahy, které jsou velmi podobné a jsou také aplikovatelné za stejných podmínek, ovšem za předpokladu že rozměr příruby je v určitém poměru k průměru sacího nástavce.

V následující části bude provedeno srovnání odsávání pomocí kruhového nástavce s přírubou a bez a také srovnání jednotlivých výpočtových modelů pro dané situace. Bude uvažováno *svařování elektrickým obloukem* a požadovanou rychlostí proudění v místě zdroje škodlivin $w = 0,75$ m/s, průměr odsávacího potrubí $D = 200$ mm, a vzdálenost zdroje $X = 500$ mm pro ruční svařování, aby odsávací zařízení pracovníkům nepřekáželo, a vzdálenost zdroje $X = 100$ mm pro svaření strojové.

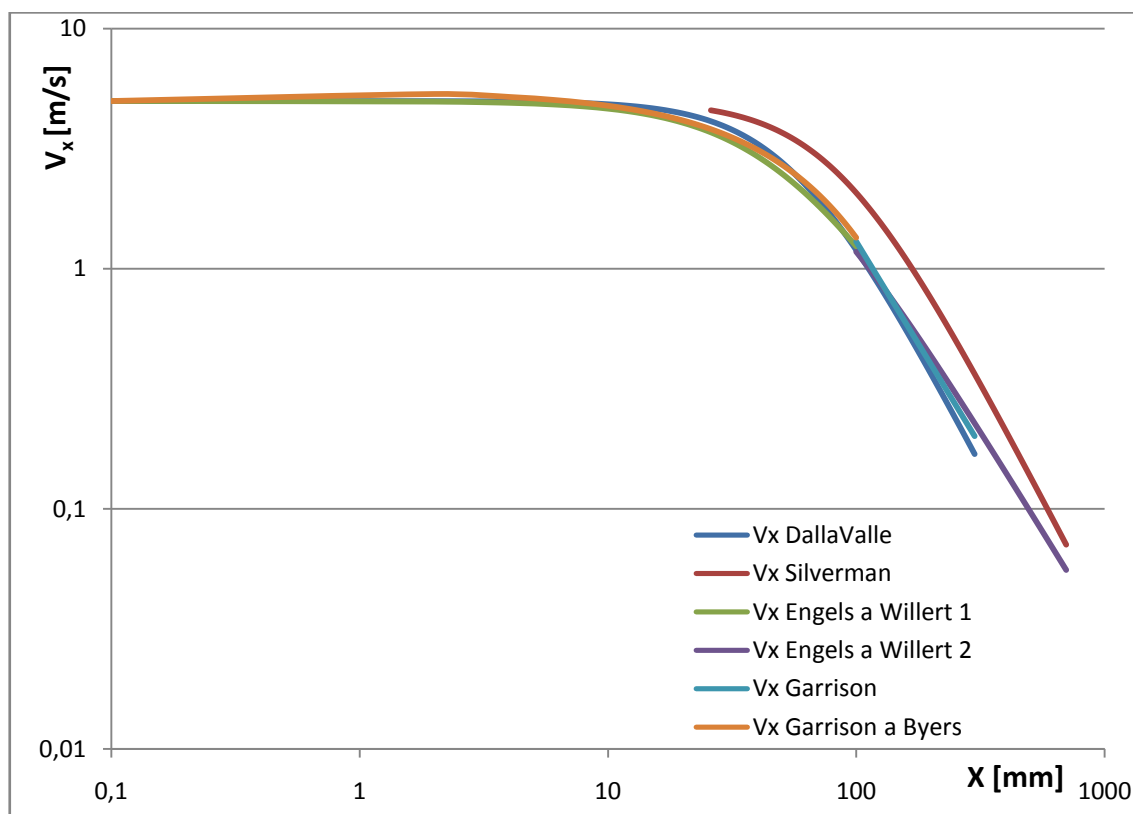
5.2 KRUHOVÝ SACÍ NÁSTAVEC BEZ PŘÍRUBY

Výpočtové vztahy pro kruhový nástavec bez příruby:

Tabulka 5 – Výpočtové vztahy pro kruhový nástavec bez příruby[21]

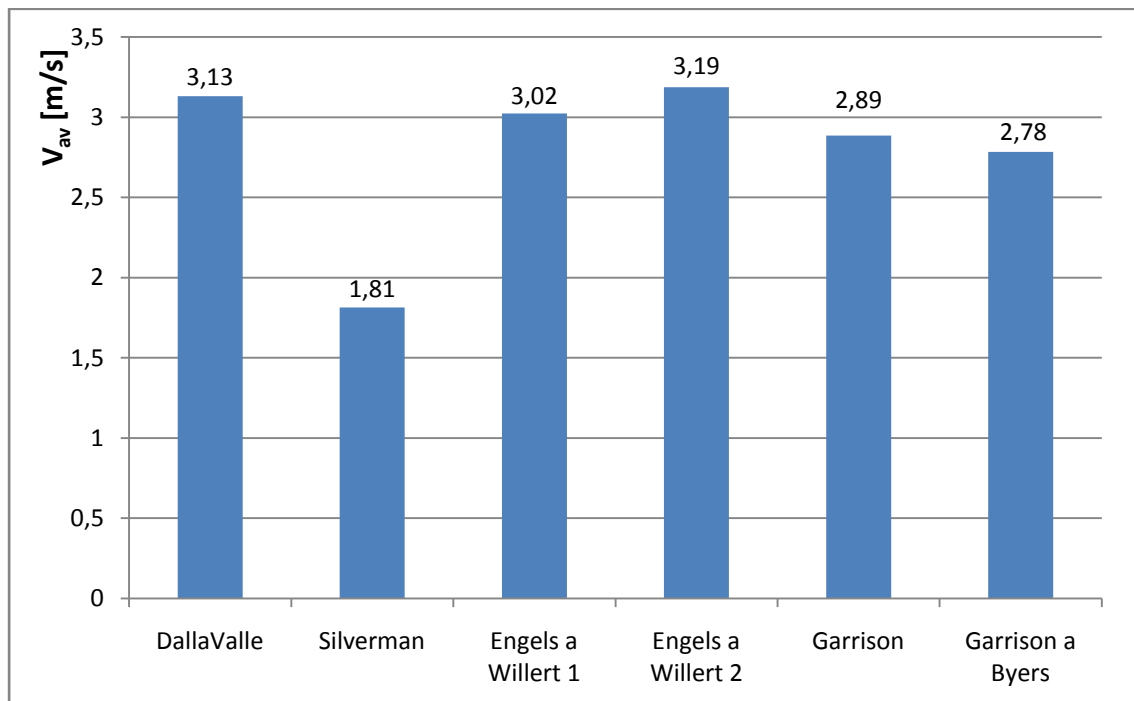
<p><u>DallaValle:</u> $V(X) = \frac{1}{1+12,7 \cdot (X D)^2} \cdot V_{av}$</p> <p><i>použitelnost:</i> $X \leq 1.5 D$</p>	<p><u>Silverman:</u> $V(X) = \frac{1}{1+5,67 \cdot (X D)^2} \cdot V_{av}$</p> <p><i>použitelnost:</i> $X \geq 24.5 \text{ mm}, 50.8 \text{ mm} \leq D \leq 508 \text{ mm}$</p>
<p><u>Engels-Willert1:</u> $V(X) = \frac{1}{1+(4X D)^{1.6}} \cdot V_{av}$</p> <p><i>použitelnost:</i> $0 \leq X/D \leq 0.5$</p>	<p><u>Engels-Willert2:</u> $V(X) = \frac{1}{1+(4X D)^{1.7}} \cdot V_{av}$</p> <p><i>použitelnost:</i> $0.5 \leq X/D \leq 3.5$</p>
<p><u>Garrison:</u> $V(X) = 0.08 \cdot (X D)^{-1.7} \cdot V_{av}$</p> <p><i>použitelnost:</i> $0.5 \leq X/D \leq 1.5$</p>	<p><u>Garrison-Byers:</u> $V(X) = 1.1 \cdot (0.06)^{X/D} \cdot V_{av}$</p> <p><i>použitelnost:</i> $0 \leq X/D \leq 0.5$</p>

Z jednotlivých vztahů je patrné, že výsledné hodnoty rychlosti proudění spočtené pro určitou vzdálenost podle jednotlivých vzorců budou odlišné. Rozdílnosti při použití jednotlivých vztahů, jsou patrné z následujícího obr. 18, kde jsou vykresleny průběhy rychlostí podle jednotlivých vztahů v závislosti na vzdálenosti od sacího nástavce. Jednotlivé výpočtové vztahy jsou zde vykresleny v oblastech jejich použitelnosti. Pro všechny varianty byla zadána rychlost v nástavci $V_{av} = 5 \text{ m/s}$.



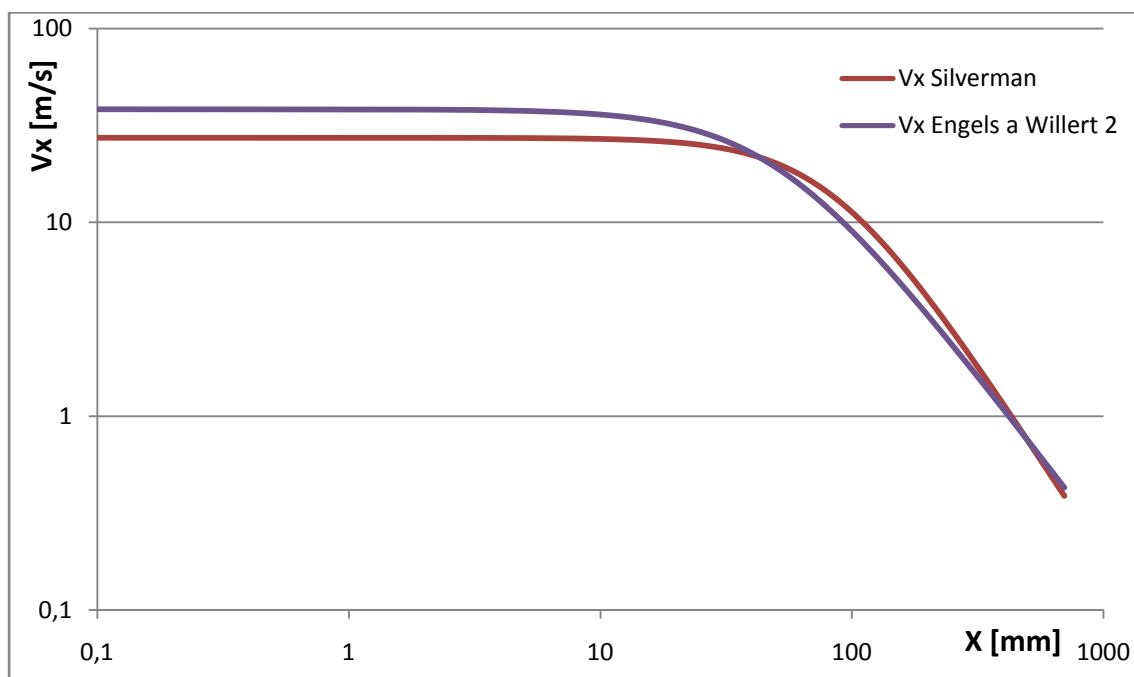
Obr. 18 – Průběhy rychlostí proudění podle jednotlivých vztahů pro nástavec bez příruby

Pro požadovanou vzdálenost $X = 100 \text{ mm}$ jsou použitelné všechny tyto vztahy, i když pro většinu z nich jde o hranici jejich použitelnosti. Lze tedy předpokládat, že i rychlosti v nástavci podle těchto vztahů se budou znatelně lišit. Tento předpoklad byl pomocí výpočtů potvrzen. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu na obr. 19, ze kterého jsou patrné i značné rozdílnosti při použití těchto vztahů.



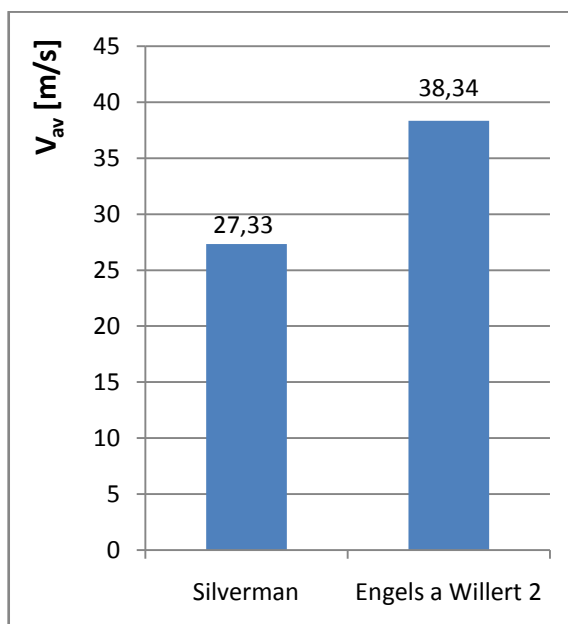
Obr. 19 – Vypočtené hodnoty rychlosti v nástavci bez příruby pro vzdálenost 100 mm

Pro druhou vzdálenost $X = 500 \text{ mm}$, jsou však již použitelné jen 2 vztahy a to Silvermannův a Engels-Willertův druhý vztah. Vypočtené průběhy rychlostí podle těchto vztahů jsou patrné z následujícího grafu:



Obr. 20 – Průběhy rychlostí proudění podle jednotlivých vztahů pro nástavec bez příruby

Pro lepší ukázkou rozdílnosti obou výpočtových vztahů je na obr. 21 vykreslen sloupcový diagram s vypočtenými hodnotami rychlosti proudění v nástavci bez příruby.



Obr. 21 – Vypočtené hodnoty rychlosti v nástavci bez příruby pro vzdálenost 500 mm

Z provedených výpočtů a vykreslených grafů je patrné, že uvedené výpočtové vztahy vedou k výsledkům, které mohou být rozdílné i o několik desítek procent. Pokud by tedy dva projektanti navrhovali stejný typ ventilátoru pro stejné odsávací podmínky a postupovali podle vzorce $P(W) = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\eta_{vent}}$ a první by použil Silvermannův výpočtový vztah, který je ve výsledku nejméně energeticky náročný, zatímco druhý by použil Engels-Willertův druhý vztah, který je naopak nejnáročnější. Potom se požadovaný výkon ventilátoru těchto projektantů bude lišit v případě vzdálenosti 100 mm o 75 % a v případě vzdálenosti 500 mm o 40 %.

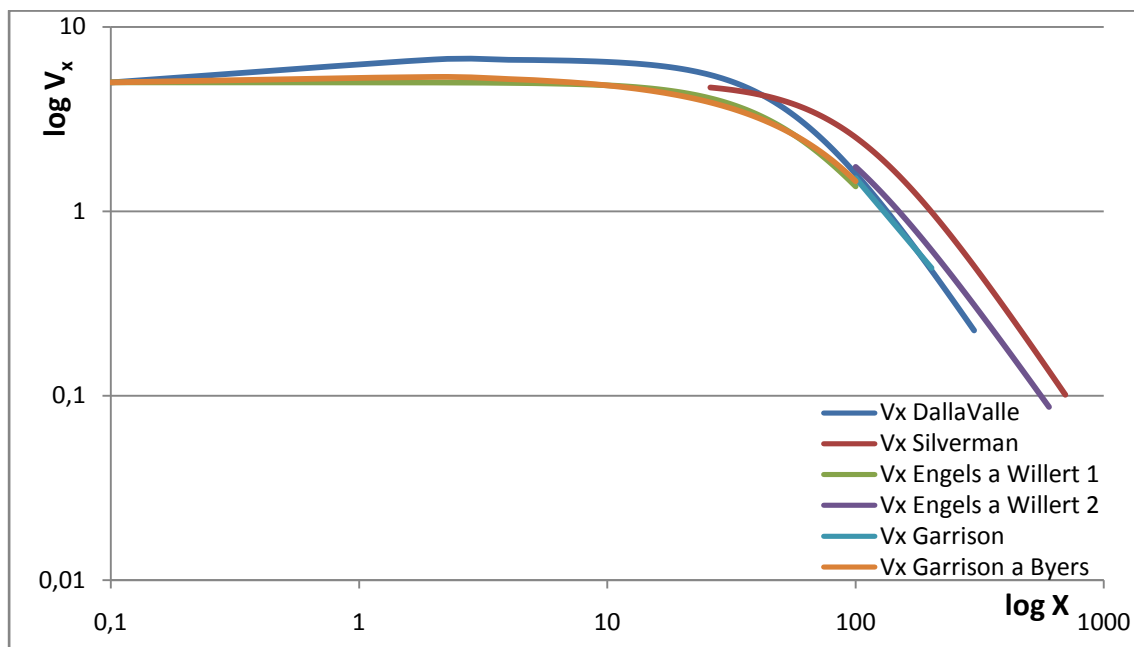
5.3 KRUHOVÝ SACÍ NÁSTAVEC S PŘÍRUBOU

Výpočtové vztahy pro kruhový nástavec s přírubou jsou velmi podobné, jsou však použitelné jen pro určitý poměr průměru nástavce a průměru příruby:

Tab. 6 – Výpočtové vztahy pro kruhový nástavec s přírubou[21]

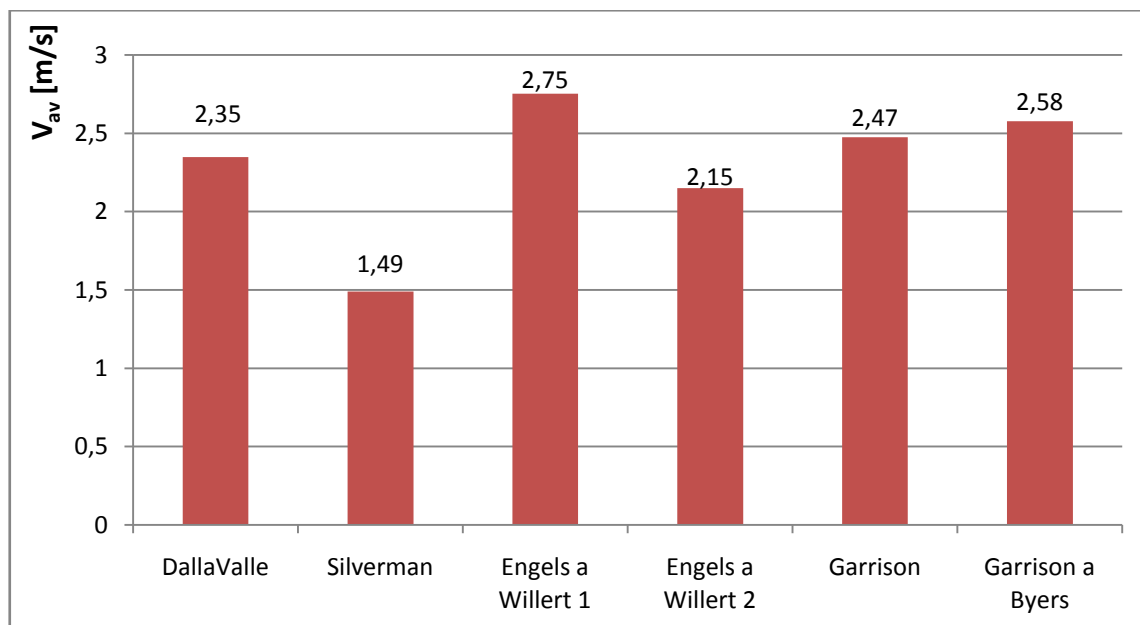
<p><u>DallaValle:</u> $V(X) = \frac{4}{3 \cdot [1 + 12.7 \cdot (X/D)^2]} \cdot V_{av}$</p> <p>použitelnost: vždy</p>	<p><u>Silverman:</u> $V(X) = \frac{1}{1 + 3.95 \cdot (X/D)^2} \cdot V_{av}$</p> <p>Použitelnost: $X \geq 50.8 \text{ mm}$, $51 \text{ mm} \leq D \leq 152 \text{ mm}$, $D_r = 1.5 D$</p>
<p><u>Engels-Willert:</u> $V(X) = \frac{1.35}{1.35 + (4X/D)^{1.85}} \cdot V_{av}$</p> <p>použitelnost: $0 \leq X/D \leq 0.5$, $D_r = 1.82 D$</p>	<p><u>Engels-Willert2:</u> $V(X) = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot (4X/D)^{1.9}} \cdot V_{av}$</p> <p>použitelnost: $0.5 \leq X/D \leq 3.5$, $D_r = 1.82 D$</p>
<p><u>Garrison:</u> $V(X) = 0.10 \cdot (X/D)^{-1.6} \cdot V_{av}$</p> <p>použitelnost: $0.5 \leq X/D \leq 1.5$, $D_r = 1.5 D$</p>	<p><u>Garrison-Byers:</u> $V(X) = 1.1 \cdot (0.07)^{X/D} \cdot V_{av}$</p> <p>použitelnost: $0 \leq X/D \leq 0.5$, $D_r = 1.5 D$</p>

Jak bylo zmíněno výše, výpočtové vztahy jsou velmi podobné, proto lze opět předpokládat jisté rozdílnosti ve výsledcích při použití těchto vztahů. Pro ilustraci rozdílnosti výsledků jsou opět v grafu na obrázku vykresleny rychlosti proudění v závislosti na vzdálenosti od nástavce. Zadaná rychlost proudění v nástavci je i pro tuto variantu $V_{av} = 5 \text{ m/s}$.



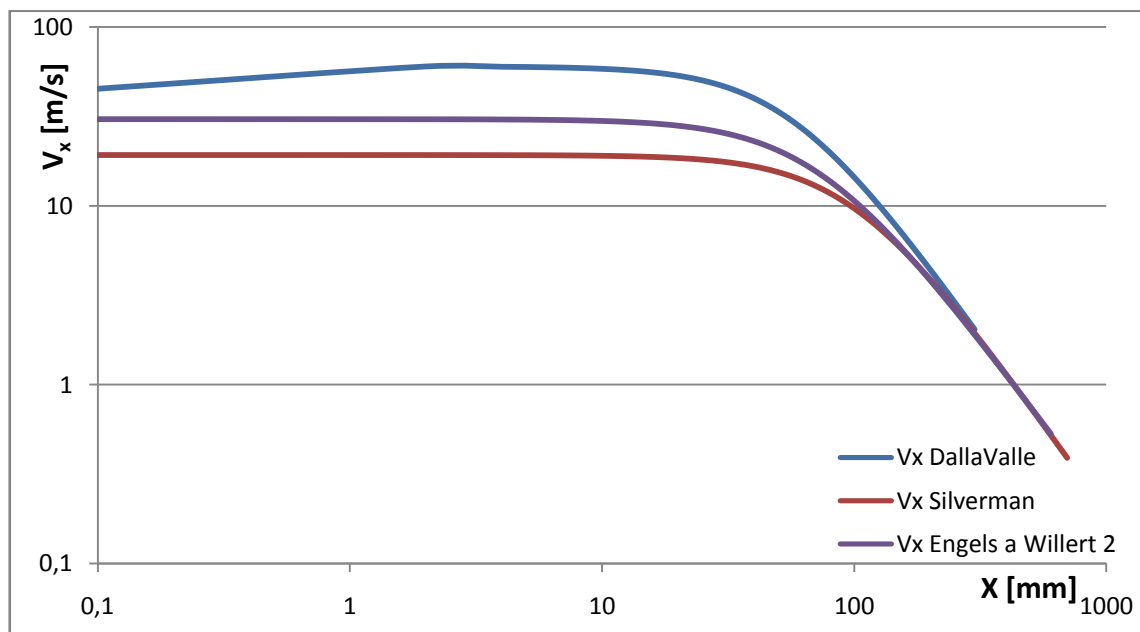
Obr. 22 – Průběhy rychlostí proudění podle jednotlivých vztahů pro nástavec s přírubou

Z obr. 22 je patrné, že předpoklad různosti výsledků byl správný, dále je také vidět, že rozdíly ve výpočtech podle vztahů pro kruhový nástavec s přírubou jsou mnohem větší, než tomu bylo u vztahů pro tentýž nástavec bez příruby. Pro vzdálenost $X = 100$ mm, jsou opět, byť na hranici použitelnosti, použitelné všechny výpočtové vztahy. Vypočtená hodnoty proudění v nástavci jsou porovnány v grafu na obr. 23.



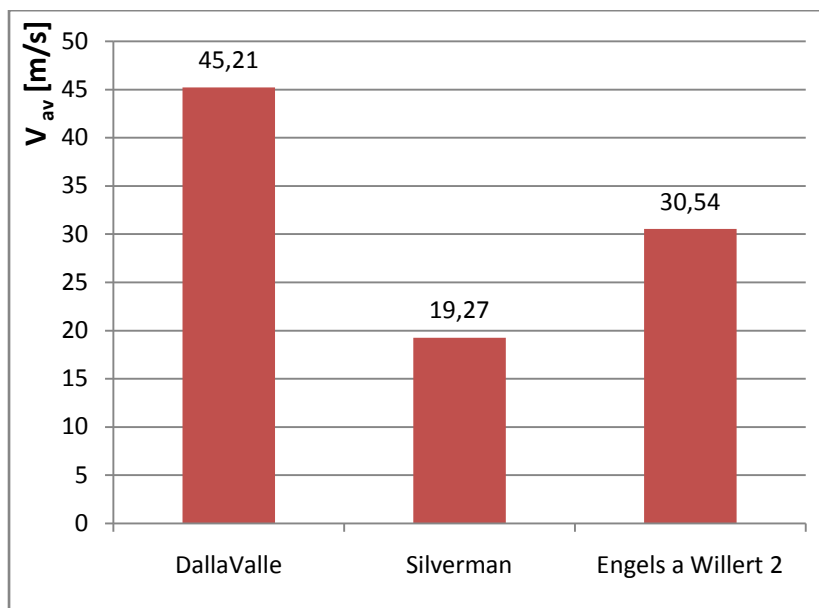
Obr. 23 – Vypočtené hodnoty rychlosti v nástavci s přírubou pro vzdálenost 100 mm

Pro vzdálenost $X = 500$ mm, jsou tentokrát použitelné tři výpočtové vztahy: Dallavallův, Silvermannův a Engels-Willertův druhý vztah. Vypočtené průběhy rychlostí pro nástavec s obrubou podle těchto vztahů jsou opět vykresleny v následujícím grafu:



Obr. 24 – Průběhy rychlostí proudění podle jednotlivých vztahů pro nástavec s přírubou

Přestože jsou rozdíly ve vypočtených hodnotách dobře patrné již z obr. 24, je na obr. 25 opět, pro větší ilustraci, provedeno srovnání vypočtených hodnot rychlosti proudění v nástavci s přírubou pomocí sloupcového diagramu.

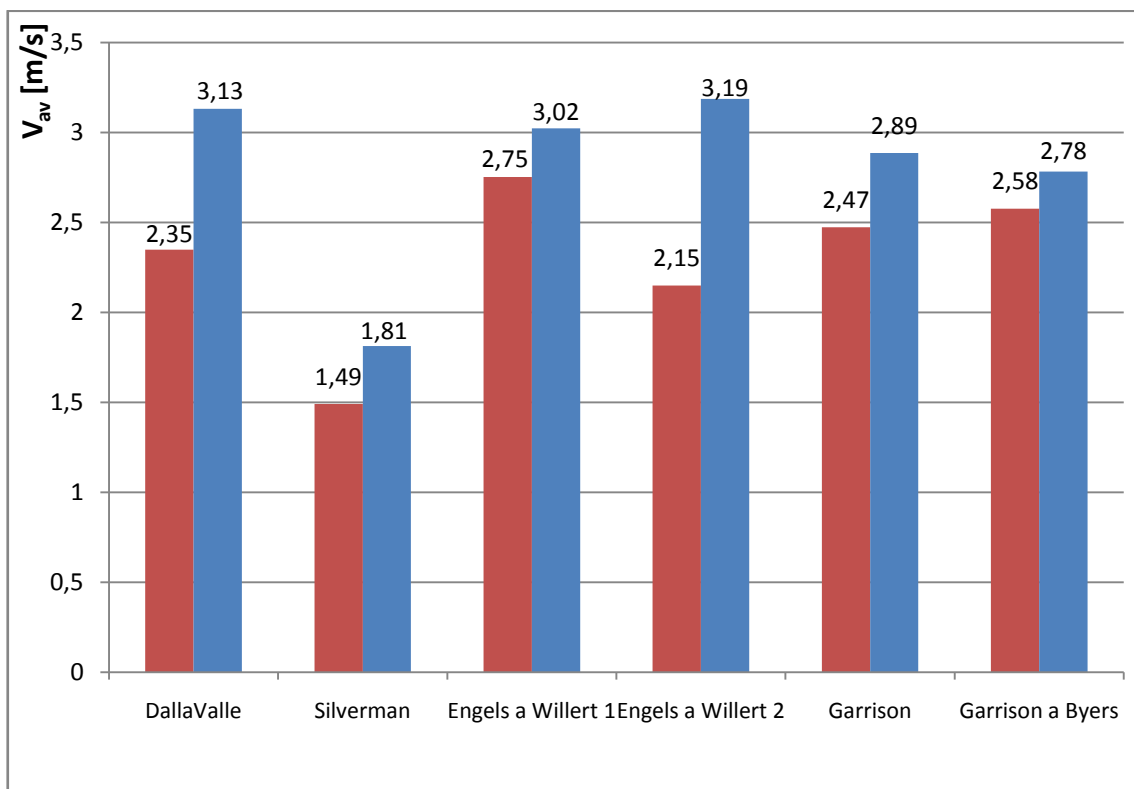


Obr. 25 – Vypočtené hodnoty rychlosti v nástavci s přírubou pro vzdálenost 500 mm

Provedené výpočty a grafy opět ukazují rozdílnosti ve výsledcích, tentokrát i ve stovkách procent. Pokud by tentokrát opět dva projektanti navrhovali stejný typ ventilátoru pro stejné odsávací podmínky a postupovali stejně jako v předcházející kapitole a jeden z nich opět použil nejméně energeticky náročnou variantu, zatímco druhý by použil variantu nejnáročnější, pak požadovaný výkon ventilátoru se bude podle těchto projektantů opět lišit a to: v případě vzdálenosti 100 mm o 54 % a v případě vzdálenosti 500 mm dokonce až o 134 %, což je daleko markantnější rozdíl, než tomu bylo u nástavce bez příruby. Tato skutečnost však byla očekávatelná již od vykreslení charakteristik v obr. 22.

5.4 SROVNÁNÍ KRUHOVÝCH NÁSTAVCŮ S PŘÍRUBOU A BEZ

Z hlediska energetické náročnosti je tedy jednoznačně možné prohlásit, že je lepší pro odsávání kruhovým nástavcem použít nástavec s přírubou. Požadavky na výkon ventilátoru, který bude zajišťovat odsávání, jsou menší v průměru o 20%. V následujícím grafu je provedeno srovnání odsávání za stejných podmínek pro nástavec s přírubou a bez příruby:



Obr. 26 – Porovnání vypočtených rychlostí obou nástavců pro vzdálenost 100 mm

Při výpočtu požadovaného výkonu lze jednoznačně doporučit použití vztahu, který má co nejužší oblast své použitelnosti. Lze předpokládat, že takovýto vztah bude pro výpočet daleko přesnější. Nutnou a samozřejmou podmínkou aplikace vztahu, musí být jeho použitelnost pro dané podmínky. Čím obecnější vztah pro výpočet parametrů použijeme, s tím vyšším rizikem pro nesprávnost výsledku musíme počítat. Použití obecných vztahů může mít totiž za následek příliš výkonný nebo naopak slabý odsávací systém, přičemž ani jedna z těchto variant není žádoucí. Přípustnější variantou však je navržení výkonnějšího ventilátoru. Vyšší výkon nám zajistí vyšší odsávací rychlost než je požadována, takže odsávací systém bude z hlediska bezpečnosti o něco bezpečnější, než požadujeme. Pokud by však rychlost proudění byla příliš vysoká, můžeme nadbytečný výkon ventilátoru, a tím pádem i rychlost proudění, regulovat škrcením, nebo změnou otáček ventilátoru. Finanční náklady vzniklé nákupem výkonnějšího, mnohdy tedy i dražšího, zařízení však již vrátit či jinak změnit nelze.

6 ZÁVĚR

Jedním z cílů této práce bylo seznámení se s možnostmi větrání. V úvodu této práce je uvedeno několik důvodů, proč je větrání nedílnou a velmi důležitou součástí našich životů. V následující kapitole jsou uvedeny různé požadavky na větrací systémy, jak z pohledu projekčního, tak legislativního, které je nutné, nebo doporučené dodržovat. Legislativa v této oblasti je poměrně rozsáhlá a neustále se dále rozvíjí. Nejčastěji uváděné požadavky jsou na obměnu vzduchu za časovou jednotku anebo na rychlost proudění vzduchu v určitých situacích.

Existuje několik kritérií, podle kterých je možné rozdělit větrací systémy. Tato rozdělení jsou provedena ve třetí kapitole této bakalářské práce. Větší pozornost je věnována rozdělení větracích systémů z prostorového hlediska a to na systémy celkové a místní. Místní, neboli lokální, systémy je možné rozdělit na zavzdušňovací a odsávací. Způsobům a použití místního zavzdušnění se věnuje další část této práce.

Ve čtvrté kapitole jsou rozebrány základní součásti větracích systémů, kterými jsou ventilátor, potrubí a nástavec. Jsou zde uvedeny i jednotlivé typy ventilátorů, principy jejich funkce a doporučené způsoby použití.

Sacím nástavcem je věnována pátá kapitola. V úvodní části je uvedeno několik zásad pro jejich navrhování. Následuje uvedení výpočtových vztahů a porovnání jejich výsledků pro kruhový nástavec s přírubou a bez ní. Jednotlivé uvedené výpočtové vztahy, které byly určeny na základě experimentálních studií, při jejich použití dávají různé výsledky. Z provedených výpočtů a srovnání lze tedy jednoznačně doporučit pro výpočet požadovaného výkonu ventilátoru užití výpočtového vztahu s co nejužší oblastí aplikace. Z vykreslených grafů také vyplývá, že čím obecnějším daný vztah je, tím nepřesnější výsledky může dát.

Výpočty a srovnání jsou provedeny pro nástavce o stejném vnitřním průměru a dvě vzdálenosti 100 mm a 500 mm. Dalším cílem bylo porovnání nástavců podle jejich provozních nákladů. Z provedených výpočtů je zřejmé, že použití sacího nástavce s vhodnou velikostí obruby bude z hlediska provozních nákladů daleko výhodnější než použití téhož nástavce bez příruby.

7 POUŽITÉ VELIČINY

Veličina	Symbol	Jednotka
Teplota		
operativní teplota	t_o	[K]
radiační teplota	t_r	[K]
teplota vzduchu	t_a	[K]
Vlhkost		
relativní vlhkost vzduchu	φ	[%]
Tepelný odpor		
tepelný odpor oděvu	I	[clo]
Rychlost		
rychlost proudění	w	[m/s]
rychlost ve vzdálenosti r	w_r	[m/s]
střední rychlost v otvoru	w_s	[m/s]
požadovaná rychlost v nástavci	V_{av}	[m/s]
rychlost ve vzdálenosti X	V_x	[m/s]
Rozměry		
délka nástavce	x	[mm]
výška nástavce	y	[mm]
šířka štěrbin	b	[mm]
vzdálenost	r, X	[mm]
průměr nástavce	D	[mm]
průměr příruby	D_r	[mm]
Objemový tok	V	[m ³ /h]
Výkon		
výkon ventilátoru	P	[W]
Účinnost		
účinnost ventilátoru	η_{vent}	[%]
Tlak		
dopravní tlak	Δp	[Pa]

8 POUŽITÉ ZDROJE

8.1 LITERATURA

- [7] ZMRHAL, V., DRKAL F.: *Hodnocení operativní teploty s využitím simulačního výpočtu*. Sborník 4. konference IBPSA-CZ Simulace budov a techniky prostředí 2006, Praha, 2006
- [8] ZMRHAL, V., DRKAL F.: *Návrh a dimenzování chladivového klimatizačního systému*. In *Chladivové klimatizační systémy*, Sborník semináře, Společnost pro techniku prostředí, 2007
- [9] GEBAUER, G.; HIRŠ, J.; RUBINOVÁ, O.: *TZB-Vzduchotechnika*, VUT, FAST, Brno, 2005
- [10] JANOTKOVÁ, E.: *Technika prostředí*, VUT, Brno, 1991, ISBN 80-214-0258-X
- [20] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: *Technický průvodce Větrání a klimatizace*, ISBN 80-901574-0-8
- [22] CASCETTA F., BELLIA L.: *Velocity Fields in Proximity of Local Exhaust Hood Openings: an Intercomparison between Current Recommended Formulas and Experimental Studies*, *Building and Environment*, Elsevier Science Ltd., 1996

8.2 LEGISLATIVA

- [2] NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 441/2004 Sb., *kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění nařízení vlády č.523/2002 Sb.*, Sbírka zákonů ČR, Ročník 2004
- [3] NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 441/2004 Sb., *kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění nařízení vlády č.523/2002 Sb.*, Sbírka zákonů ČR, Ročník 2004
- [4] VYHLÁŠKA č.6/2003 Sb., *kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*, Sbírka zákonů ČR, Ročník 2003
- [5] VYHLÁŠKA č.410/2005 Sb. *o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*, Sbírka zákonů ČR, Ročník 2005
- [6] VYHLÁŠKA č.135/2004 Sb., *kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch*, Sbírka zákonů ČR, Ročník 2004

8.3 INTERNET

- [1] ZMRLAL V., LAIN M. *Větrání a klimatizace malých provozoven I*, dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz> , citováno 25.3.2009
- [11] Epigon, Domovské stránky firmy Epigon, dostupné z: <http://www.epigon.cz> citováno 8. 5. 2009
- [12] Proclima, Domovské stránky firmy Proclima, dostupné z: <http://www.proclima.cz> citováno 8. 5. 2009
- [13] Remak, Domovské stránky firmy Remak, dostupné z: <http://www.remak.cz> citováno 8. 5. 2009
- [14] Dimplex, Domovské stránky firmy Dimplex, dostupné z: <http://www.dimplex.termokomfort.cz> citováno 8. 5. 2009
- [15] ZMRLAL V. *Prvky klimatizačních zařízení I*, dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz> citováno 25.3.2009
- [16] Forman-Beneš, Domovské stránky firmy Forman-Beneš, dostupné z: <http://www.forman-benes.vyrobce.cz> citováno 8. 5. 2009
- [17] Rojek Wood Technology, Domovské stránky firmy Rojek Wood Technology, dostupné z: <http://www.rwt.cz> citováno 8. 5. 2009
- [18] KK Autoservis, Domovské stránky firmy KK Autoservis, dostupné z: <http://www.kkautoservis.cz> citováno 10. 5. 2009
- [19] KALENDA L., *Zásady užití nízkopodtlakových odsávacích a filtračních systémů*, dostupné z: <http://www.tzb-info.cz> citováno 10. 5. 2009